なぜ起きる

メガーテストで電子機器が使用不能

島田　恵次

はじめに

電気管理技術（No.262 2002.6）に「絶縁測定あなたならどうする？」という記事が載った。三回目の定期点検でメガーテストをしたら、N社製ビジネスフォンが使用不能になり、責任を負って補償をした。電解コンデンサのプラス端子に、メガーのマイナス電圧を加えて不良が発生したので、メガーの極性を変える対策を取った。あなたならどうする？という内容であった。

この記事を見たとき、電子機器・装置が接続されている回路のメガーテストを敬遠する傾向が広がっている事実を思い、電気管理技術者として解決しなくてはいけない問題だと感じた。…が、エレクトロニクスに関する知識が乏しく、具体的な解析事例や回路を入手できず、どのような欠陥が生じて不具合となったか、その本質に迫る事ができない。

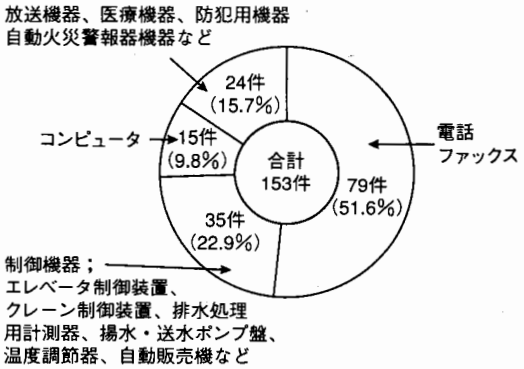
しかし、静岡電機会（小池 会長）から提供された静岡支部・富士地区・佐藤 氏らが発表した協会の研究資料から、その概要を知る事ができたので、資料の一部を紹介することにした。

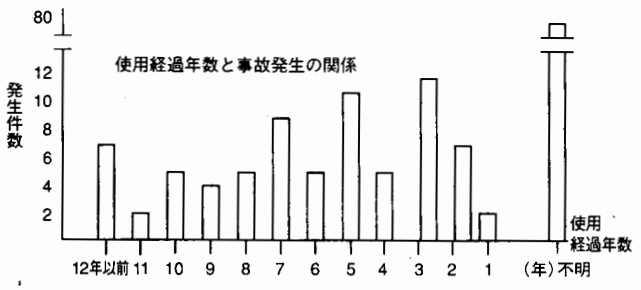
また、日本規格協会の「電気・電子部品の寿命診断」を参考に、私見を述べることにした。

「電子応用機器の関係法令と電気保安管理の研究」

紹介　静岡支部 富士地区 Bグループ主査　佐藤 茂 氏

1．電子応用機器の損傷等に関するアンケートの集計結果　平成2年8月集計





回路電圧別の損傷発生状況

回路電圧 (V)	発生件数 (件)	(%)	備　考
100	115	75.2	電話、ファックス、コンピュータなど
200	21	13.7	空調機、エレベータ、動力制御盤など
400	1	0.7	シーケンサにサージ電圧侵入
未記入	16	10.4	
合　計	153	100	

損傷原因別　機器別発生状況

損傷原因		機器別発生件数				小　計		備　考
		電話・ファックス	コンピュータ	制御機器	その他	(件)	(%)	
メガー測定電圧	100 V	3	0	0	0	3	2	
	250 V	12	2	9	4	27	17.6	
	500 V	25	3	11	5	44	28.8	
	小 計	40	5	20	9	74	48.4	
雷　害		32	5	11	9	57	37.2	電話線側損傷含む
開閉サージ等		0	0	1	0	1	0.7	
瞬停・電圧降下		0	1	1	2	4	2.6	
停　電		1	0	2	1	4	2.6	
その他		4	2	0	3	9	5.9	
不　明		2	2	0	0	4	2.6	
合　計		79	15	35	24	153	100	

注記…その他は、部品の劣化・水滴侵入・漏電などである。

2. 絶縁抵抗測定に関する事項

1) JIS-C-1302 (1982) 絶縁抵抗計 (電池式) の解説には、次の記述がある。

定格測定電圧 100 V	低圧用電子部品、音響機器などの絶縁試験に使用
〃 250 V	100 V、200 Vの低圧配電線ならびに機器の絶縁試験に使用
〃 500 V	低圧配線、機器など一般の絶縁試験に使用
〃 1000 / 2000 V	ケーブル、高電圧用機器、高電圧を使用する通信機器の絶縁試験に使用

注1) 通産局 (当時) では、機器の耐電圧は、500V・10分間になっている (技17条) ことから、低圧のメガーテストは500Vで行うことを推奨していた。

注2) 最終ページに改定されたJIS 規格の内容を記載した。

2）メーカーの取扱説明書・注意書き

a. インバータ（H社製）；RST UVW PNの端子をすべて短絡して絶縁抵抗試験および耐圧試験を行って下さい。それ以外の端子は、絶対に絶縁抵抗試験および耐圧試験を行わないで下さい。

b. F社製；「プリント板端子のメガーテスト」は行わないで下さい。

c. VSコントローラ（Y社製）；保全のためにメガーテストを行う場合は、全端子を短絡してから行って下さい。

d. 非常用自家発電設備（N社製）；充電器、自動電圧調整器、マイコン制御装置、または速度継電器および発電機界磁回路用シリコン整流器を切り離すこと。
停止ソレノイド等エンジン側の電気回路の各機器は－線または＋線アースしてあるので外すこと。

e. 部品加工機械サーボモータ制御；電子部品破損防止のため、メガーで絶縁抵抗測定の際は、電子部品を取り外してから行って下さい。

考察　メガーによる電子機器の使用不能原因

1．要因分析

前記の紹介記事に記載されている、一部メーカーの取扱説明書・注意書きから推察すると、電子部品を使用している機器については絶縁抵抗測定をしてはいけない。もしくは、全端子を短絡するか、電子部品を取り外して測定することが要求されている。

その目的とするところは、電子部品に不要な電圧すなわちメガーによる直流電圧の突印を防止する。すなわち、メガーによる矩形波の電圧がプリント板の部品に加わると、コンデンサには電流突入現象が生じ、半導体部品には急峻波電圧による絶縁破壊現象が危惧されるからであろうと考える。それが、電子機器の知識が乏しい者が考える不良発生要因である。

昔から、不良発生の70～80％は設計に起因する、製造原価の80％程度も設計段階で決まる。と言われるように、メガーによる不良発生も寿命を除くと大半が設計に起因した不良と考える。例えば、電解コンデンサの寿命を7年と考えると、製作後7年未満は設計製作不良、7年以降は部品の寿命となる。が、研究資料の使用経過年数と損傷件数の関係からは、「メガーテストで不具合が発生した」としか読み取れない。

プリント板のどの部品がどのような損傷を来たしていたのか、メガーの電圧が加わるとどこにどれ位の電圧が発生するのか、解析の手立てがないからである。

しかし、設計段階でサージ現象などを考慮して部品の定格電圧を低減して使用する低減率（ディレーティング率）を大きく取って、サージ対策をした高信頼製品は、メガーテストで損傷を来すことはないと考える。そのような製品は納入先が限定されていて、電気管理者が扱うコスト優先の汎用製品と区別されているように思えてならない。

それが損傷発生の基本的な問題だと考える。本来あるべき姿から逸脱して、サージ問題や保守のことを考えずに、経済性を追及して設計された製品に問題が発生していると理解する。（それらの製品寿命は、6年以上10年程度と推定する？）

言い換えれば、裕度の少ない（ディレーティング率が低い）、サージ電圧保護対策が不十分な、高密度に実装されたプリント板には不具合要因が詰まっている、と言える。

その要因の内、主なものを挙げると次のようになる、と考える。

[設計不良要因]

○定格のディレーティング率が低い…部品がストレスに弱い。寿命が短い。

・電圧・電流は、サージを含めた最悪時の最大値が最大定格値の80％以上？

・電力は、サージを含めた最悪時の最大値が最大定格値の50％以上？

○プリント板の実装密度が高い…電位分布が不適切で部分放電が発生しやすい。

・パワーと信号のアース分離がされてない？（相互誘導防止がされてない？）

・部品を接続する銅箔との半田付け時の熱ストレスは残ってないか？

・停電作業時使用環境での湿度変化で腐食が進行し寿命を縮めてないか？

[部品の寿命]

○半導体…サージ電圧で接合破壊や酸化膜破壊が起きないように保護されているか。

○コンデンサ…コンデンサの絶縁劣化は、絶縁抵抗の減少・容量減少・漏れ電流の増大という現象になって現れる。電子機器の製品寿命を何年で設計か。

・また、電気機器用コンデンサは、放電灯40,000時間（約4.5年）エアコン用25,000時間（約2.9年）家庭用洗濯機10,000時間（約1.14年）と決めて耐用試験をするという。実際の寿命は何年と考えて設計し、ディレーティング率をどれ位にしているか。

2．どんな電圧が電子機器に加わるのか

電子機器には、絶縁変圧器付のものと、トランスレスのものがある。

＊絶縁変圧器付の場合は、メガーの電圧が直流なので、矩形波が印加されると変圧器の静電移行率で決まる電圧が、変圧器二次側に現れる。メガーの電圧は負極性なので、電子機器入力端子のU相に加えると、そのラインに相当した変圧器二次側uには負電圧が現れ、他方のV相に加えると、そのラインに相当した変圧器二次側vに負電圧が現れる。

もし、変圧器二次側が単相全波整流回路になっていて、直流電圧側に電解コンデンサが接続されている平滑回路になっている場合は、変圧器二次側uの負電圧は負極側の整流器を通して、電解コンデンサのマイナス側にマイナス電圧が加わる。vに負電圧が現れる場合も、電解コンデンサのマイナス側にはマイナス電圧が加わる。

メガーの極性を変えてライン側をプラスにした場合は、電解コンデンサのプラス側にプラス電圧が加わることになる。しかし、エネルギーは極めて小さく、コンデンサの一方の電位が変位してもダメージを与えることはない、と考える。

その電圧大きさは、ノイズ対策用の絶縁変圧器はシールド付きなので変圧器2次側への移行電圧は印加電圧の40％～60％と推定する。すなわち、125Vメガーなら、

125Vdc×0.4～0.6＝50～75Vdc

となる。ただし、巻線間の静電容量を通した電圧なのでエネルギーは極めて少なく、電子部品にダメージを与えることはないと考える。

なお、電磁誘導現象も考えられるが、絶縁変圧器のコイル間静電容量に蓄積された電荷の放電による電磁誘導なので、電磁誘導による電圧の発生は無視してよいと考える。

＊トランスレスの場合は、メガーの電圧がそのまま加わるので、半導体素子やコンデンサ自体の急激な絶縁劣化や破損、プリント板の電路間絶縁耐力が問題となる。

考察　対策はどうあるべきか

1．基本的な考え方

メガーによる電子機器の損傷は、サージ対策が施されていない製品と寿命に近い製品で発生し

ていると考えるが、取扱説明書にあるように、基本的には「電子機器の構成パーツに対して絶縁測定は不要である」という観点に立つべきであろう。なぜなら、メガーは電子部品を破壊するエネルギーを有しており、非破壊検査としては不適当だからだ。すなわち、電子機器の全端子を短絡して、機器全体として絶縁測定をすればよい、ことになる。が、電子機器の全端子を短絡するなど、できるものではない。

従って、「メガー測定は電子機器を切り離して行うべし」ということになる。が、現実問題としては定期点検時にOA機器が切り離されているかチェックする事は不可能である。

2. 絶縁測定はどうあるべきか。

電子機器を切り離す、といっても100％実施できるものではない。

となると、電子機器の劣化要因に対する対策を立てる必要が生じる。すなわち、次の4点である。

・損傷を起こす電子機器は定格のディレーティング率が低い　→印加電圧の低減化
・急峻な電圧印加はコンデンサに突入電流を流し劣化を促進する　→電圧上昇率抑制
・高温高湿は機器の寿命を短縮する　→温度・湿度管理をお願いする
・異常対策　→機器使用年数が6年を過ぎたら、1～2年以内に更新をお願いする

この中で電気管理者としてできる対策は、低電圧・50V以下のメガーの採用である。

50V以下とした理由は、「どんな電圧が加わるのか」で試算した値からである。

さらに可能ならば、電圧印加線をコイル状に巻いてブロッキングコイルとしての機能を持たせることで、突入電流を抑制することである。この事によって、電子機器の損傷防止効果は上がると思う。コイルの作り方には色々あるが、一つの方法としては、メガーのライン側の握り部分に割り箸を固定し、リード線をぐるぐると巻き付ける方法である。

なお、メガーの極性を変えることは、トランスレスの電子機器に対して部分的な効果はあっても、定格のディレーティング率が80％以上（例えば、100V回路（実際の回路電圧は100～110V）に125Vの電解コンデンサを採用）の電子機器には効果が薄く、それだけの対策では不十分であると考える。

改訂されたJIS規格の紹介

本文作成後に、小池 氏より提供された最新のJISC-1302（2002）を紹介する。

1）定格測定電圧および有効最大表示値（4.2項）

指針形の定格測定電圧及び有効最大表示値

定格測定電圧（直流）V	25		50		100		125		250		500			1000	
最大有効表示値MΩ	5	10	5	10	10	20	10	20	20	50	50	100	1000	200	2000

ディジタル形の定格測定電圧及び有効最大表示値

定格測定電圧（直流）V	25		50		100		125		250		500		1000		
最大有効表示値MΩ	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000	3000	4000		

2）絶縁抵抗計の主な使用例（解説表1）

定格測定電圧 (V)	一般電気機器 安全電圧での絶縁測定	電気設備・電路
25 50	電話回線使用機器 及び防爆機器の絶縁測定	電話回線線路の絶縁測定
100 125	制御機器の絶縁測定	100 V未満の低圧配電配線及び機器などの維持・管理のための絶縁測定
250	低圧配電線路・機器の絶縁測定	200 V以下の低圧線路・機器などの維持・管理のための絶縁測定
500	新設の配電線線路及び600 V未満の回路、機器の絶縁測定（一般）	600 V未満の低圧配電線及び機器などの維持・管理のための絶縁測定 100 V 200 V 400 V配電路の竣工時の絶縁測定
1000	600 Vを超える回路・機器・設備の絶縁測定（一般）	常時使用電圧の高い高電圧設備（例えば、高圧ケーブル、高電圧機器、高電圧を使用する通信機器、電路など）の絶縁測定

3. 電子機器の取扱説明書の入手

改定されたJIS規格「絶縁抵抗計」では、電話回線関係は50V以下でメガーテストをするよう推奨している。また、制御機器は回路電圧に関係なく100Vまたは125Vでメガーテストをするとなっている。しかし、優先するのは電子機器メーカーの取扱説明書もしくは保守管理基準書に記載されている製造者賠償責任に基づく注意書き、または絶縁試験に関する規制である。国家規格であるJISに記載されていると言っても、係争時には機器の説明書や基準書が優先されるので、電気管理技術者としては機器の説明書や基準書に従わざるを得ない。

そのため、メーカーの取扱説明書もしくは保守管理基準書を入手して、指定外の事をしないよう注意するのも、電気管理技術者としての責務のように思える。

おわりに

電子機器の知識が乏しい者があえて電子機器を考えたのは、賠償責任を負うかも知れない「明日の我が身」を思ってゾッとしたからである。

また、考える過程で、機器損傷の本質に迫れない電気管理技術者の淋しさを味わった。さらには、対策として50V以下のメガーの採用を考えたことに対しては、本来あるべき絶縁試験の意味を変歪したやり切れなさが残る。平成2年に発表された、協会の研究資料に記載されている「低圧回路は500Vメガーでテスト」までいかなくても、使用電圧の2倍位で絶縁試験はやりたいものである。

しかし、責任を厳しく追及される世相では、事故を起こさないよう非破壊試験に徹しなければならない。かつ、事前に事故防止対策を提起する立場の電気管理技術者としては、メガーテスト（年次点検）で設備の不具合を引き起こしてはいけない。その意味では、不完全ながらも低電圧で絶縁診断をすることもやむを得ないと割り切るしかない、と思っている。

最後に、資料を提供して下さった静岡支部の小池 氏に深く感謝する次第である。

（電気管理技術者）